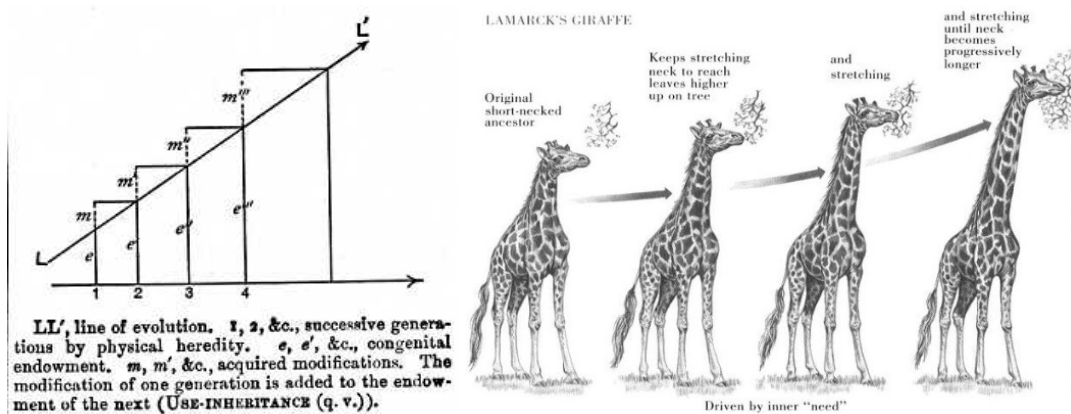


# Evolution

## Grundlagen von Carl von Linné und Georges Cuvier

- Linné: Beschreibung und Klassifikation von Pflanzen, Einführung der binären Nomenklatur der Biologie
- Cuvier: Begründer der Paläontologie (vergleichende Anatomie). Er erklärte die Abfolge unterschiedlicher Faunen während der Erdgeschichte als Folge von Naturkatastrophen → Katastrophentheorie.

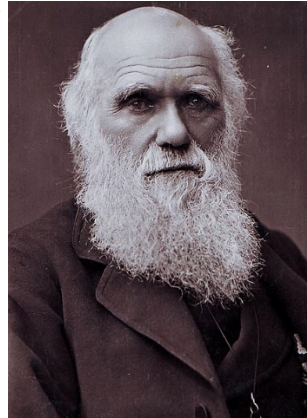
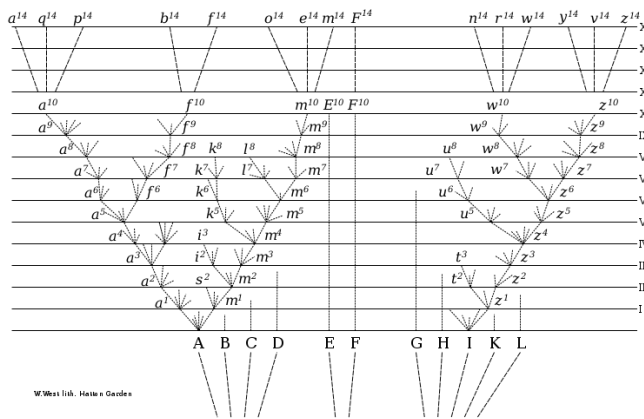
## Theorie Lamarcks



### Grundlagen der Theorie Lamarcks:

- Arten verändern sich langsam (er hat dies an Mollusken Reihen von einem Museum erkannt)
- Er schloss daraus, dass es keine ausgestorbenen Arten gibt, sie hätten sich lediglich weiterentwickelt.
- Die Entstehung von komplexen Organismen geschieht durch einen den Lebewesen innewohnenden Drang zur Höherentwicklung → Diagramm oben
- Die Anpassung an die Umwelt geschieht durch die Vererbung von erworbenen Eigenschaften → «Lamarcks Giraffen»
- Jede Art entsteht aus einer durch Urzeugung entstandenen Urform
- Urzeugungen geschehen jederzeit, auch heute.

## Theorie Darwins



### Person und Leben

- Begnadeter Naturbeobachter
- Machte Eine Weltreise mit der «Beagle» und zahlreiche systematische Studien → Zweifel an der Konstanz der Arten
- 1859: Veröffentlichung seines Hauptwerks «Origin of Species», das Belege für den Artenwandel und eine Theorie für dessen Ursache enthält

### Grundlagen der Theorie

- Unterschied zu Lamarck: weniger Gewicht auf vertikalen Artenwandel, mehr Gewicht auf horizontalen Artenwandel: Artaufspaltungen.
- Ursache des Artenwandels: Anpassung an die Umwelt
- Überproduktion führt zu einer Konkurrenz der Nachkommen. Sie unterscheiden sich in verschiedenen Merkmalen, die als zufällig auftretende Variationen beschrieben werden. Varianten die besonders gut mit den Umweltbedingungen zurechtkommen, haben einen grösseren Fortpflanzungserfolg → Die Umwelt selektiert die am besten angepassten Varianten → stärkere Vertretung in der nächsten Generation.
- Verändert sich die Umwelt, verändern sich die in der Folge die Arten.
- Von dieser natürlichen Selektion unterscheidet man die sexuelle Selektion: Hier wirkt die Konkurrenz um Geschlechtspartner als selektierender Faktor (Prachtgefieder, etc.)

### Synthetische Evolutionstheorie

Da die Ursache für die Variabilität nicht erklärbar war, blieb der Mechanismus der Evolution stark umstritten. Dies änderte sich mit der Wiederentdeckung der mendelschen Regeln. Es konnte darauf aufbauend gezeigt werden das Mutationen spontan kleine Veränderungen hervorrufen.

Die synthetische Evolutionstheorie ist also die Vereinigung von Evolution und moderner Genetik.

## Ähnlichkeiten der Organismen

Die DNA-Sequenzen von nah verwandten Arten sind sich ähnlicher wie die von entfernt verwandten. Die Ursache für diese Unterschiede sind Mutationen:

- Erfolgen zufällig und verschwinden meist zufällig wieder
- Ausbreitung auf eine Population ist selten, und nur dann zu beobachten, wenn sie zu einer starken Verbesserung führt
- Manche DNA-Sequenzen werden durch Selektion erhalten, da eine Veränderung zu einem Genprodukt mit verminderter Funktionalität führt
- Konservierte, codierende DNA-Sequenzen weisen meist nur an der dritten, meist unwichtigen Stelle der Codone Mutationen auf
- Mitochondriale DNA evolutioniert etwas schneller als der Kern-DNA und eignet sich deshalb zum Vergleich nah verwandter Arten.

## Bau und Funktionsweise von Zellen

Die Ähnlichkeiten in Bau und Funktionsweise der Zellen ist nur durch eine gemeinsame Abstammung zu erklären. Alle Zellen:

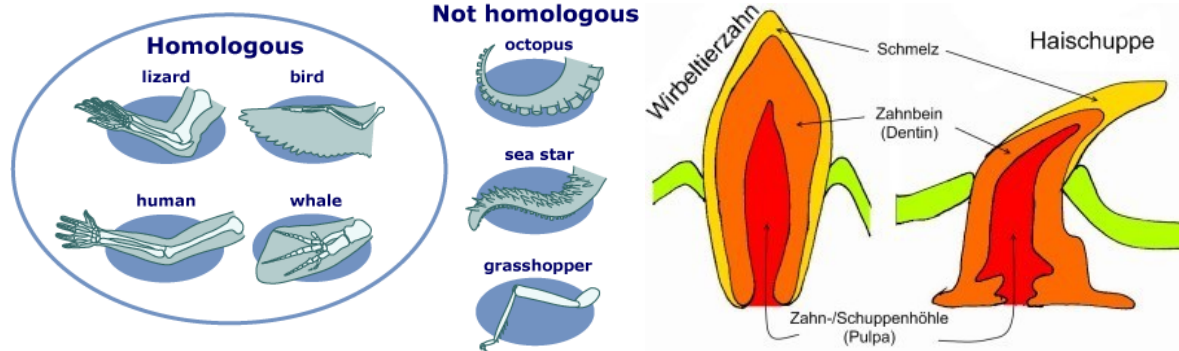
- Sind durch eine Einheitsmembran begrenzt
- Speichern Erbinformation in DNA
- Benützen den gleichen genetischen Code zur Codierung der Erbinformation
- Besitzen Ribosomen
- Speichern Energie in ATP
- Besitzen ähnliche Proteine zur Umsetzung von Zellfunktionen

## Ähnlichkeit der Embryonen



Die Ähnlichkeit der Embryonen nahe Verwandter Gruppen wird auf gemeinsame Vorfahren zurückgeführt. Solche Strukturen haben oft eine Funktion und sind nicht einfach Überbleibsel der Evolution. Die Tatsache, dass manche embryonalen Strukturen erst nach einem komplizierten Umbau zu Strukturen im ausgewachsenen Tier werden können, zeigt, wie die Evolution auf alten genetischen Programmen aufbaut.

## Homologie und Analogie



- ➔ **Homologie:** Strukturen und Organe die auf eine gemeinsame Abstammung zurückgeführt werden können. Diese Organe können im Verlauf der Entwicklung neue Aufgaben angenommen haben.
- ➔ **Analogie:** Strukturen und Organe die sich aufgrund der Funktion ähnlich sind, aber nicht auf gemeinsame Baumerkmale zurückgehen.

Homologien entstehen durch divergente, Analogien durch konvergente Entwicklung. Die Homologiekriterien sollen die Erkennung von homologen Strukturen erleichtern:

- **Kriterium der Lage:** Strukturen mit vergleichbarem Gefügesystem, haben stets die gleiche Lage. Bsp.: Vorderextremität der Landwirbeltiere: gleiche Lagebeziehung der Knochen
- **Kriterium der speziellen Qualität der Strukturen:** Die betrachteten Strukturen müssen im Feinbau grosse Ähnlichkeiten aufweisen. Bsp.: Haischuppen und Zähne der Wirbeltiere
- **Kriterium der Verknüpfung durch Zwischenformen:** Zwischen unterschiedlich ausgestalteten Strukturen muss die Entwicklung durch Zwischenformen belegt werden. Bsp.: Gehörknöchelchen der Säugetiere mit den Knochen der Reptilien.

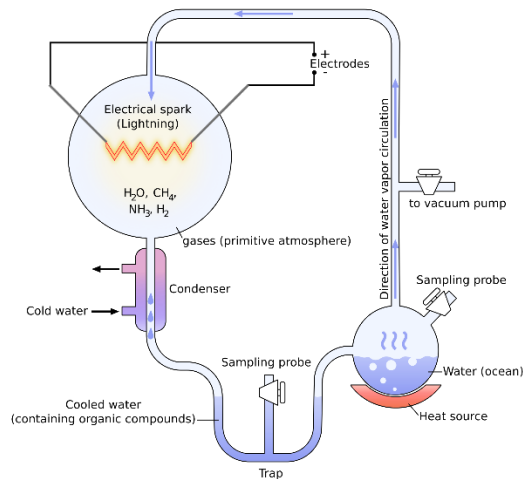
## Rudimente

- ➔ Rudimente sind Merkmale die sich im Verlauf der Stammesentwicklung zurückgebildet haben. Die Funktionen eines solchen Merkmals können ganz verloren gehen oder die Funktion wechseln. Auch Gene können davon betroffen sein, man nennt sie Pseudogene.

## Verbreitung von Tieren und Pflanzen

Die Verbreitung der Arten und das Vorkommen endemischer Arten auf isolierten Inseln oder Kontinenten sind als historischer Prozess gut verständlich. Die adaptive Radiation, die in isolierten Räumen stattfand, macht den Artenwandel in Anpassung an die Lebensbedingungen nahezu direkt beobachtbar.

## Chemische Evolution



Drei Hypothesen zur Entstehung organischer Verbindungen:

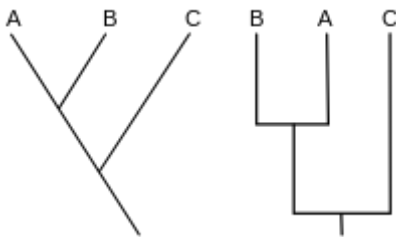
- Ursuppen-Hypothese: Organische Substanzen bildeten sich in der fast sauerstofffreien Atmosphäre unter Einwirkung von sich entladenden Blitzen und UV-Strahlung. Miller konnte diese «spontane Bildung» in seinem Experiment mit einer Simulation der Uratmosphäre belegen.
- Eintrag-Hypothese: Das organische Material wurde auf Meteoriten auf die Erde «geschleppt»
- Eisen-Schwefel-Hypothese: Ursprung der organischen Materialien an «Black Smokers» und untermeerischen Vulkanen. Die Oberflächen katalysieren gewisse Reaktionen.

## Vorstellungen über die Entstehung von Leben

Zwei Theorien:

- «RNA zuerst»: RNA sei zuerst entstanden (Sich selbstreplizierendes Molekül).
- «Stoffwechsel zuerst»: Selbsterhaltende Stoffwechsel sollen sich zuerst in Poren oder Mineraloberflächen entstanden sein.

## Kladistik



Die Darstellung der Verwandtschaftsverhältnisse erfolgt in so genannten Kladogrammen. Diese unterscheiden sich von evolutionären Stammbäumen in den folgenden Punkten:

- Bei einer Verzweigung gibt es immer nur zwei Äste (dichotome Verzweigung).
- Die Verzweigungen werden nicht gewichtet, man hat also kein Maß für die Änderung, um es in einem Kladogramm darzustellen.
- Es gibt keine absolute Zeitachse.
- Alle Artspaltungsereignisse werden so realistisch wie möglich dargestellt.

## Erdzeitalter und Stammesgeschichte

### Übersicht

Mio. Jahre				Tiere	Pflanzen
heute					
2	Quartär	Holozän	Letzte Eiszeit	Moderner Mensch	
5		Pliozän			
20		Miozän			
30	Tertiär	Oligozän	Alpen-Bildung	Känozoikum (Erdneuzeit)	Neophytikum
50		Eozän			
65		Paläozän			
100	Kreide	Obere	Entstehung des Atlantiks	Verschwinden der Dinosaurier	
145		Untere			
	Jura	Malm		Erste Vögel	Mesophytikum
		Dogger			
200		Lias			
	Trias	Keuper		Erste Säugetiere	
		Muschelkalk			
250		Buntsandstein			
	Perm	Zechstein	Spaltung des Urkontinents		
		Rotliegendes			
300					
320	Karbon	Oberes			Niedere Gefäßpflanzen
350		Unteres			
360	Devon	Oberes		Erste Landwirbeltiere	Paläophytikum
370		Mittleres			Erste Farnsamer
400		Unteres		Erste Insekten	
	Silur				Erste Landpflanzen
440					
450	Ordovizium	Oberes			
500		Unteres		Erste Fische	Eophytikum
	Kambrium	Oberes		Trilobiten	
540		Mittleres			
		Unteres			
	Proterozoikum				Erste Landalgen
2500					Erste Quallen
	Archaikum				Erste Prokaryoten vor 3.5 Milliarden Jahren
		Erste Kontinente vor 4.3–4.4 Milliarden Jahren			
		Entstehung der Erde vor ca. 4.6 Milliarden Jahren			

### Begriffe

- Brückentiere: Übergangsformen von verschiedenen Lebewesen oder Arten von Lebewesen: Archäopteryx als Zwischenform zwischen Reptilien und Vögeln.
- Lebende Fossilien: Arten, die schon lange fast ohne Veränderung bestehen, ihre nächsten Verwandten sind meist nur noch als Fossilien erhalten. Meist haben sie sich in sehr spezifischen Nischen behaupten können.

## Humanevolution

### Stammbaum

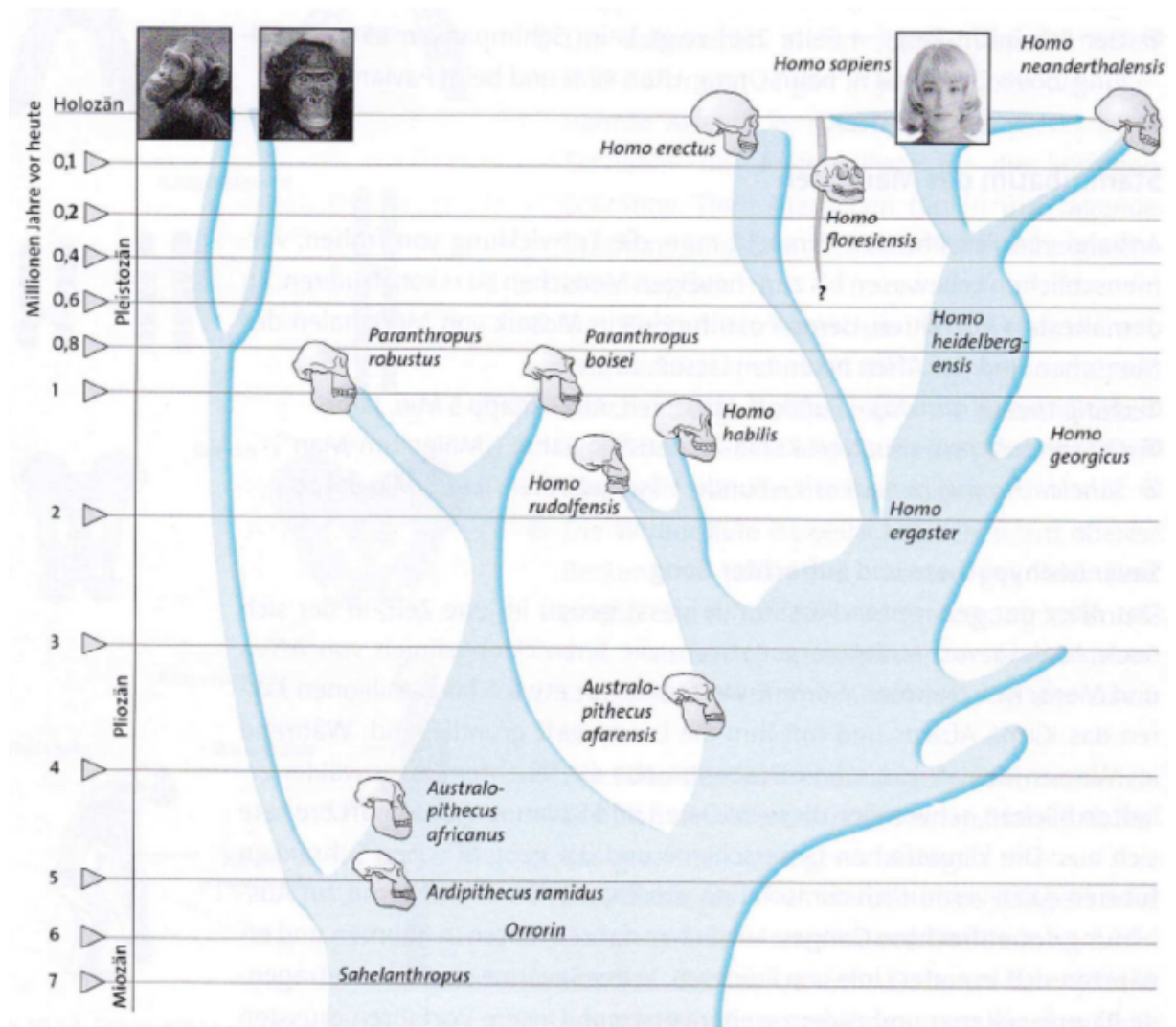
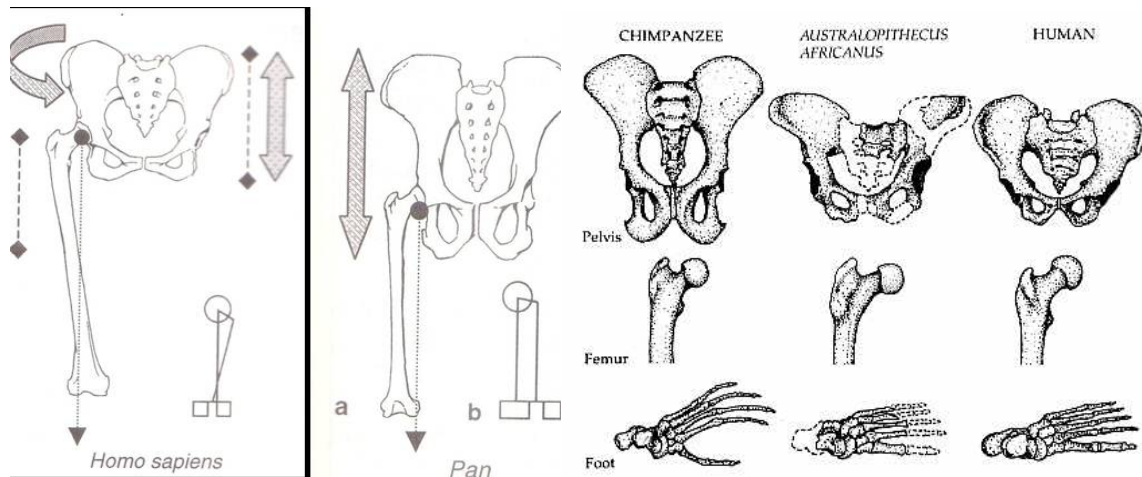


Abb. 10.25: Vereinfachte Stammbaumkonstruktion der Hominiden

## Prozesse der Humanevolution



- Aufrechter Gang: Der erste Schritt zum Menschwerden war der aufrechte Gang. Darwinistisch wird dieser meist mit dem Freiwerden von den Händen und der energieeffizienteren Bewegung (Versteppung von Afrika → längere Laufwege), sowie der erhöhten Sichtweite erklärt. Folgende Änderungen waren nötig:
  - Verkürzung und Verbreiterung des Hüftknochens → Bessere Verteilung der Körperlast die beim aufrechten Gang nur auf der Hüfte liegt
  - Greiffuss wird zum Standfuss ohne separaten grossen Zehen
  - Oberschenkel wird gewinkelt befestigt → Platzierung der Füße in Richtung Schwerkraft
  - Knie wird flexibler
  - Hinterhauptloch des Schädels wird verschoben → bessere Ausbalancierung des schweren Schädels auf der Wirbelsäule

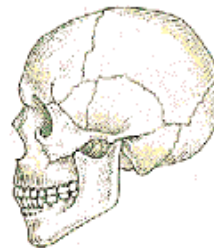
**Australopithecus**  
(vor 2,3 Millionen Jahren)



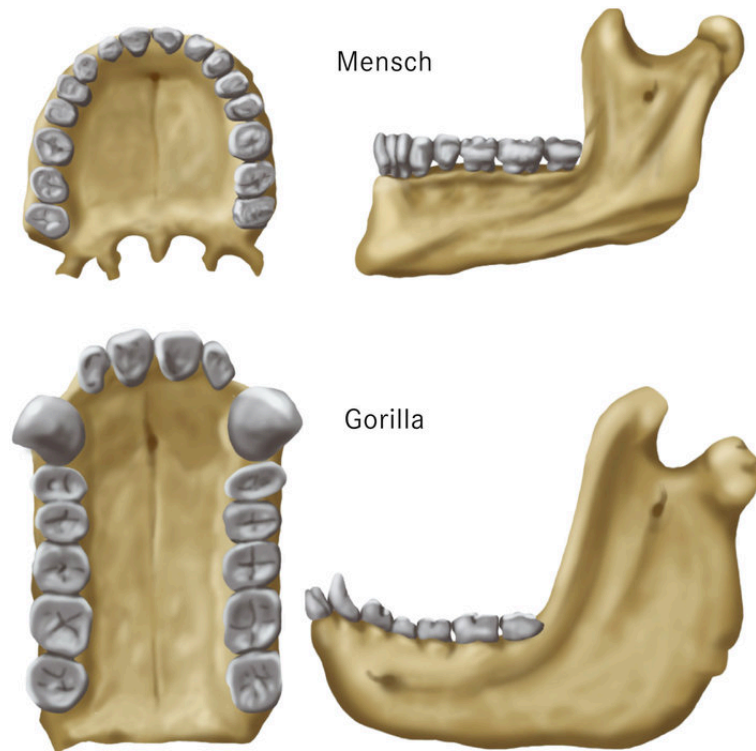
**Homo erectus**  
(vor 750 000 Jahren)



**Homo sapiens sapiens**  
(von vor 100 000 Jahren bis heute)



- Schädelmerkmale, folgende Veränderungen gab es am Schädel:
  - Ausdehnung des Hirnschädels, Verdreifachung des Hirnvolumens → Ermöglicht Entwicklung von Sprache → einfachere Kooperation und soziale Interaktion, Herstellen und Benutzen von Werkzeugen
  - Weniger markanter Gesichtsschädel → kleineres Gebiss
  - Rückbildung und Verschwinden der Überaugenwulste, Bildung eines markanten Kinns



- Veränderung des Kiefers, folgende Veränderungen haben stattgefunden:
  - Diastema (Affenlücke) um die grossen Eckzähne zu «versorgen» fehlen und mit ihnen die grossen Eckzähne → Wandel von Konfrontation zu Kooperation da die Eckzähne als Drohgebärde verstanden wurden
  - Verkleinerung der Eckzähne → Kiefer kann Zähne beim Kauen einfacher gegeneinander Verschieben → Besseres Zermalmen pflanzlicher Nahrung
  - Zahnreihen laufen nicht mehr parallel sondern parabol